



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2006107240/28, 09.03.2006

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
09.03.2006

(45) Опубликовано: 10.10.2007 Бюл. № 28

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: US 5434415 A, 18.07.1995. H.MAESAKA / The K2K SciBar Detector. Proceeding of the KEK-RCNP International School and Miniworkshop for Scintillating for Scintillating Crystal and their Application in Particle and Nuclear Physics. 2004 KEK, Tsukuba, Japan, pp.185-198. M. HASEGAWA / Calibration System of the K2K SciBar Detector. // Proceeding of the (см. прод.)

Адрес для переписки:

620002, г.Екатеринбург, ул.Мира, 19, ГОУ ВПО
"УГТУ-УПИ", Центр интеллектуальной
собственности, Н.П. Невраевой

(72) Автор(ы):

Черепанов Александр Николаевич (RU),
Шульгин Борис Владимирович (RU),
Иванов Владимир Юрьевич (RU),
Маркс Станислав Викторович (RU),
Анипко Алла Владимировна (RU),
Смирнов Станислав Борисович (RU),
Мезенина Надежда Сергеевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

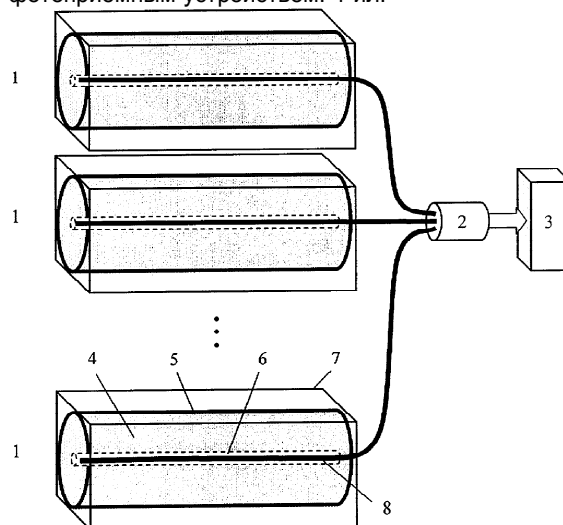
ГОУ ВПО "Уральский государственный
технический университет - УПИ" (RU)

(54) СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЙ ДЕТЕКТОР

(57) Реферат:

Изобретение относится к области технологии регистрации нейтрино и антинейтрино, включая солнечные, космические, реакторные нейтрино и нейтрино, получаемые с помощью ускорителей. Задачей изобретения является возможность регистрации слабых потоков нейтронов и нейтрино за счет повышения уровня светосбора в пластиковом сцинтилляторе объемно-волоконного сцинтилляционного детектора. Предложенный сцинтилляционный детектор содержит по крайней мере один датчик, состоящий из пластикового сцинтиллятора на основе органического водородсодержащего материала, чувствительного к нейтронам и нейтрино, светособирающего волоконного световода, фотоприемное устройство и блок электронной обработки сигналов. При этом пластиковый сцинтиллятор выполнен в форме цилиндра, покрытого светоотражающей пленкой, в центре которого имеется полый канал с размещенным в нем светособирающим волоконным световодом, причем каждый датчик

имеет корпус в форме параллелепипеда, набор которых от одного до нескольких тысяч штук при регистрации нейтронных потоков и нейтрино образует сцинтилляционный блок, связанный с фотоприемным устройством. 1 ил.



(56) (продолжение):

KEK-RCNP International School and Miniworkshop for Scintillating for Scintillating Crystal and their

RU 2308056 C1

RU 2308056 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.

G01T 3/06 (2006.01)**G01T 1/20** (2006.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2006107240/28, 09.03.2006**(24) Effective date for property rights: **09.03.2006**(45) Date of publication: **10.10.2007 Bull. 28**

Mail address:

**620002, g.Ekaterinburg, ul.Mira, 19, GOU VPO
"UGTU-UPI", Tsentr intellektual'noj
sobstvennosti, N.P. Nevraevoy**

(72) Inventor(s):

**Cherepanov Aleksandr Nikolaevich (RU),
Shul'gin Boris Vladimirovich (RU),
Ivanov Vladimir Jur'evich (RU),
Marks Stanislav Viktorovich (RU),
Anipko Alla Vladimirovna (RU),
Smirnov Stanislav Borisovich (RU),
Mezenina Nadezhda Sergeevna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**GOU VPO "Ural'skij gosudarstvennyj
tekhnicheskij universitet - UPI" (RU)**

(54) SCINTILLATION DETECTOR

(57) Abstract:

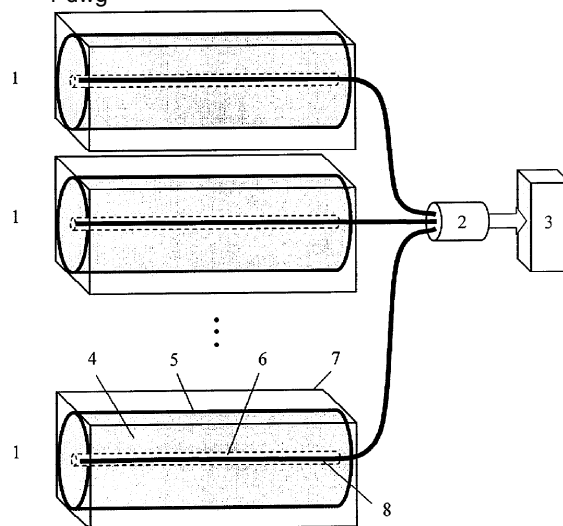
FIELD: methods of registration of neutrinos and antineutrinos.

SUBSTANCE: method can be used for registration of neutrinos and antineutrinos including solar, cosmic, reactor neutrinos and neutrinos produced by accelerators. Scintillation detector has at least one transducer made of plastic scintillator on base of organic hydrogen-containing material, which material is sensitive to neutrons and neutrinos; light-collecting fiber light guide; photoreceiver, and signal electronic processing unit. Plastic scintillator is made in form of cylinder covered with light-reflecting film. There is hollow channel in center cylinder. Light-collecting fiber light guide is placed inside channel. Any transducer has case in form of parallelepiped. Set of transducers, from one to thousands pieces, forms scintillation unit while registering neutron flows and neutrinos. Scintillation unit is connected with photoreceiver. Registration of small flows of neutrons and neutrinos is possible due to

increase in level of light collection in plastic cylinder of volumetric-fiber scintillation detector.

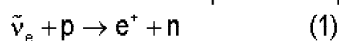
EFFECT: ability of registration of small neutron and neutrino flows.

1 dwg



Изобретение относится к области ядерной физики, астрофизики и физики высоких энергий, конкретно к области технологии регистрации нейтрино и антинейтрино (далее нейтрино), включая солнечные, космические, реакторные нейтрино, нейтрино, получаемые с помощью ускорителей; оно пригодно для создания нейтринных телескопов, нейтронных и нейтринных детекторов и детекторных комплексов наземного и космического базирования, предназначенных для удаленного, включая трансземное, обнаружения стационарных и мобильных ядерных реакторных и ускорительных установок, и может быть использовано в системах производственного и таможенного контроля за нейтронными источниками и делящимися радиоактивными материалами, а также в системах радиационного мониторинга радиационного фона Земли.

Быстрые нейтроны эффективно регистрируются с помощью сцинтилляторов, содержащих водород. Сцинтилляции возникают при рассеянии нейтронов на ядрах водорода. Нейтрино зарегистрировать труднее, чем зарегистрировать нейтроны. Нейтрино ν и антинейтрино $\bar{\nu}$ обладают огромной проникающей способностью вследствие их чрезвычайно низкого сечения взаимодействия с большинством ядер элементов. Например, сечение взаимодействия антинейтрино с ядрами водорода (наиболее часто используемыми при детектировании в составе большеобъемных жидких или пластиковых сцинтилляционных детекторов) по реакции



равно $\sigma_{\bar{\nu}_e} = 9.4(1.3) \cdot 10^{-44} \text{ см}^2$. (Большой энциклопедический словарь. Физика.

Ред. А.М.Прохоров. Большая Российская энциклопедия. М. 1998, 944 с.) Нейтрино и антинейтрино отличаются своим происхождением: нейтрино рождается в паре с позитроном, а антинейтрино - в паре с электроном. Продукты реакции (1) вызывают сцинтилляции в сцинтилляторе, содержащем ядра водорода. Таким образом, и для регистрации нейтрино используется сцинтилляционный метод с применением водородосодержащих сцинтилляторов.

Известен сцинтилляционный детектор нейтронов (Патент РФ №2189057, МПК G01T 1/20, 3/06, бюл. №25. 10.09.2002). Детектор содержит пластиковый сцинтиллятор, (n, α , γ) - конвертор из карбида или нитрида бора, сцинтилляционный кристалл NaI-Tl и фотоприемное устройство (ФЭУ).

Основным недостатком является то, что эффективность светосбора сцинтилляций, возникающих в пластиковом сцинтилляторе от быстрых нейтронов, невысока, поскольку пластиковый сцинтиллятор в известном детекторе соприкасается с фотоприемным устройством не всей плоскостью, а только по периферийному кольцу. Площадь соприкосновения пластикового сцинтиллятора с окном фотоприемного устройства составляет 30-40% от площади окна, поэтому эффективность фотосъема не превышает 30-40% от фотосбора в режиме, когда сцинтиллятор соприкасается с ФЭУ всем своим рабочим торцом. (n, α , γ) - конвертор из карбида или нитрида бора является светонепроницаемым и часть сцинтилляций от пластикового сцинтиллятора в нем теряется. Таким образом, известный детектор нейтронов (Патент РФ №2189057) обладает недостаточно высоким уровнем светосбора сцинтилляций и, как следствие, недостаточно высокой чувствительностью к быстрым нейтронам и нейтрино.

Известен сцинтилляционный детектор быстрых и тепловых нейтронов на основе пластикового сцинтиллятора и ^6Li -силикатного стекла (Патент РФ №2143711, G01T 1/20, 3/00, бюл. №36. 29.12.1999). Известный детектор содержит датчик и блок электронной обработки сигналов. В состав датчика входят помещенные в единый корпус фотоприемное устройство и три параллельно-последовательно соединенных сцинтиллятора:

1) внешний нейтронный сцинтиллятор, выполненный из чувствительного к быстрым нейтронам органического водородсодержащего вещества на основе пластмассы $(\text{CH})_n$ или стильбена (сцинтиллятор с колодцем);

2) размещенный в колодце внешнего сцинтиллятора сцинтилляционный кристалл NaI-Tl в стандартном контейнере, чувствительный к гамма-излучению;

3) чувствительный к тепловым нейтронам внутренний сцинтиллятор на основе активированного церием ^6Li -силикатного стекла.

Блок электронной обработки сигналов включает схему временной селекции сцинтимпульсов от нейтроночувствительных сцинтилляторов и от гамма-чувствительного сцинтиллятора, а также спектрометрический анализатор для обработки сцинтимпульсов от сцинтилляционного кристалла NaI-Tl.

Однако для известного детектора эффективность светосбора сцинтилляций от быстрых нейтронов, возникающих во внутреннем пластиковом сцинтилляторе $(\text{CH})_n$, невысока из-за того, что сигналы, во-первых, поступают на фотоприемное устройство только по периферийному кольцу, обеспечивая фотосъем сцинтилляций на уровне до 30-40% вследствие того, что кристалл NaI-Tl находится в непрозрачном корпусе и экранирует часть светового потока, возникающего в пластике, а также, вследствие того, что излучение быстрого пластикового сцинтиллятора не непосредственно попадает на фотоприемное устройство, а поступает на него через внутренний стеклянный сцинтиллятор и частично поглощается в нем. В итоге может быть потеряно до 32-43% полезной информации. Таким образом, известный детектор не может обеспечить эффективную регистрацию быстрых нейтронов и нейтрино из-за недостаточно высокого уровня светосбора сцинтилляций.

Известен сцинтилляционный детектор быстрых и тепловых нейтронов (Патент РФ №2259573, МПК G01T 1/20, 3/00, бюл. №36. 29.12.1999), содержащий датчик, включающий сцинтиллятор на основе органического водородсодержащего пластика, чувствительного к быстрым нейтронам, и стеклянный сцинтиллятор на основе ^6Li -силикатного стекла, чувствительного к тепловым нейтронам, и фотоприемное устройство, а также блок электронной обработки сигналов, при этом сцинтилляторы датчика выполнены в виде пластин с параллельными соприкасающимися гранями, причем органический сцинтиллятор выполнен в виде клина, а стеклянный - в виде параллелепипеда, образуя единый сенсорный сцинтиллятор, снабженный свинцовым коллиматором и размещенный вместе с последним в дополнительном полиэтиленовом пенале-накопителе тепловых нейтронов.

Однако при установлении фотоэлектронного умножителя с торца пластикового сцинтиллятора эффективность светосбора сцинтилляций оказывается низкой, что не обеспечивает высокой чувствительности к быстрым нейтронам и нейтрино.

Из всех известных сцинтилляционных детекторов наиболее близким к заявляемому является объемно-волоконный сцинтилляционный детектор нейтронов и нейтрино, называемый авторами Сци-Бар-детектором (H.Maesaka / The K2K SciBar Detector // Proceeding of the KEK-RCNP International School and Miniworkshop for Scintillating for Scintillating Crystal and their Application in Particle and Nuclear Physics. 2004 KEK, Tsukuba, Japan, pp.185-198; M.Hasegawa / Calibration System of the K2K SciBar Detector. // Proceeding of the KEK-RCNP International School and Miniworkshop for Scintillating for Scintillating Crystal and their Application in Particle and Nuclear Physics. 2004 KEK, Tsukuba, Japan, pp.243-248). Известный сцинтилляционный детектор нейтронов и нейтрино содержит 14400 сцинтилляционных блоков в виде параллелепипедов из пластиковых сцинтилляторов и фотоприемное устройство. Каждый сцинтилляционный блок имеет расположенный вдоль его центральной оси продольный канал, в котором размещено светособирающее волокно, играющее одновременно роль сместителя спектра. Сенсором, веществом чувствительным к нейтронам и нейтрино, является пластиковый сцинтиллятор (водородсодержащее вещество на основе полистирена с добавками PPO (1 вес.%) POPOP (0,03 вес.%)). В качестве фотоприемного устройства применен PIN-фотодиод или многоканальный электронный умножитель.

Однако известный детектор нейтронов и нейтрино обладает недостаточно высоким уровнем светосбора сцинтилляций (из-за того, что пластиковый сцинтиллятор выполнен в форме параллелепипеда) и, как следствие, недостаточно высокой чувствительностью к быстрым нейтронам и нейтрино.

Задачей изобретения является возможность регистрации слабых потоков нейтронов и

нейтрино за счет повышения уровня светосбора в пластиковом сцинтилляторе объемно-волоконного сцинтилляционного детектора.

Эта задача решается за счет того, что в сцинтилляционном детекторе, содержащем, по крайней мере, один датчик, состоящий из пластикового сцинтиллятора на основе органического водородсодержащего материала, чувствительного к нейтронам и нейтрино, светособирающего волоконного световода, фотоприемное устройство и блок обработки сигналов, пластиковый сцинтиллятор выполнен в форме цилиндра, покрытого светоотражающей пленкой, в центре которого имеется полый канал с размещенным в нем светособирающим волоконным световодом.

Сущность изобретения заключается в том, что водородсодержащий пластиковый сцинтиллятор имеет цилиндрическую форму, благодаря которой светоотражающее покрытие фокусирует световые вспышки на оси цилиндрического сцинтиллятора, вдоль которой проходит оптоволоконный световод, что обеспечивает повышенный светосбор по сравнению с пластиковым сцинтиллятором, имеющим форму параллелепипеда, в котором фокусирующее действие светоотражающего покрытия отсутствует.

Предлагаемое устройство обеспечивает регистрацию нейтронов и нейтрино с повышенной эффективностью.

Блок-схема заявляемого устройства приведена на чертеже.

Устройство состоит из трех датчиков 1, фотоприемного устройства 2 и блока электронной обработки сигналов 3. Каждый датчик 1 состоит из пластикового водородсодержащего сцинтиллятора 4, имеющего цилиндрическую форму, со светоотражающим покрытием 5. В центре пластикового сцинтиллятора 4 вдоль его оси имеется полый канал 6. Каждый датчик 1 имеет корпус 7 в форме параллелепипеда для удобства формирования из таких параллелепипедов всего сцинтилляционного детектора.

В полой канале 6 цилиндрического сцинтиллятора размещен светособирающий волоконный световод 8, расположенный, как и полый канал, вдоль основной оси сцинтиллятора. Световоды от каждого датчика соединены с фотоприемным устройством 2, а через него с блоком обработки сигналов 3. Сцинтилляционный детектор работает следующим образом. Регистрируемые нейтроны или нейтрино, попадая в пластиковый водородсодержащий сцинтиллятор 4 и рассеиваясь на ядрах водорода (нейтроны) или вступая в ядерную реакцию $\bar{\nu}_e + p \rightarrow e^+ + n$ (нейтрино), вызывают в нем появление световых вспышек (сцинтилляций), которые благодаря светоотражающему покрытию 5 поступают на световод 8 и затем регистрируются с помощью фотоприемного устройства 2, в качестве которого обычно используют PIN-фотодиод или многоканальный фотоэлектронный умножитель. Сигналы с фотоприемного устройства 2 поступают в блок обработки сигналов 3.

Дополнительным преимуществом предлагаемого сцинтилляционного детектора является возможность регистрации с его помощью гамма-излучения, что позволяет использовать его для обнаружения радиоактивных веществ-источников гамма-излучения.

Система из цилиндрических датчиков, размещенных в корпусах, имеющих форму параллелепипеда, может содержать от единиц до тысяч датчиков, образуя сцинтилляционный детектор повышенной чувствительности. Последнее необходимо для регистрации нейтрино (несколько тысяч датчиков); для регистрации нейтронов детектор может содержать один или несколько датчиков предлагаемой конструкции.

Формула изобретения

Сцинтилляционный детектор, содержащий по крайней мере один датчик, состоящий из пластикового сцинтиллятора на основе органического водородсодержащего материала, чувствительного к нейтронам и нейтрино, светособирающего волоконного световода, фотоприемное устройство и блок электронной обработки сигналов, отличающийся тем, что пластиковый сцинтиллятор выполнен в форме цилиндра, покрытого светоотражающей пленкой, в центре которого имеется полый канал с размещенным в нем светособирающим волоконным световодом, причем каждый датчик имеет корпус в форме параллелепипеда,

набор которых от одного до нескольких тысяч штук при регистрации нейтронных потоков и нейтрино образует сцинтилляционный блок, связанный с фотоприемным устройством.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ИЗВЕЩЕНИЯ К ПАТЕНТУ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

ММ4А - Досрочное прекращение действия патента СССР или патента Российской Федерации на изобретение из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе

(21) Регистрационный номер заявки: **2006107240**

Дата прекращения действия патента: **10.03.2008**

Извещение опубликовано: **20.03.2010** БИ: **08/2010**

RU 2 308 056 C 1

RU 2 308 056 C 1